

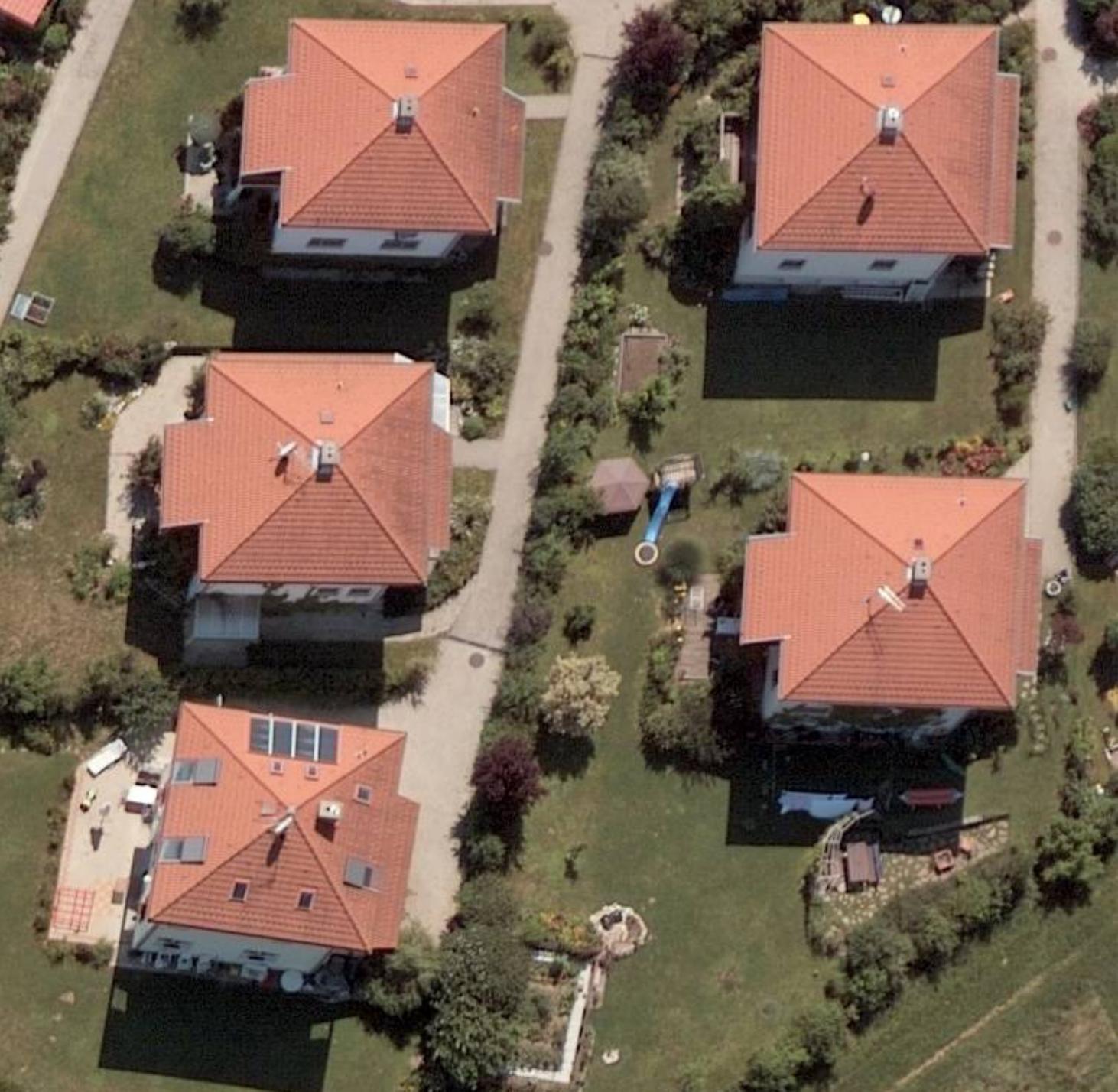
Beobachtung stabiler Regionen im Skalenraum für die Gebäudedetektion

Martin Drauschke

Institut für Photogrammetrie Bonn

18. Mai 2006





Gliederung

1. **Projektvorstellung**
2. Objektmodell
3. Diskussion Skalenraum und
Bildsegmentierung mit Wasserscheiden
4. Beobachtung der stabilen Regionen im
Skalenraum

Einordnung ins Bündelprojekt

Teil des Projekts

„Ontologische Skalen für die **automatische Erfassung**, die effiziente Verarbeitung und schnelle Visualisierung von Landschaftsmodellen“

Wechsel der Mitarbeiter:

Axel Gotthardt (bis Februar 2006)

Martin Drauschke (seit März 2006)

Aufgabenstellung (1)

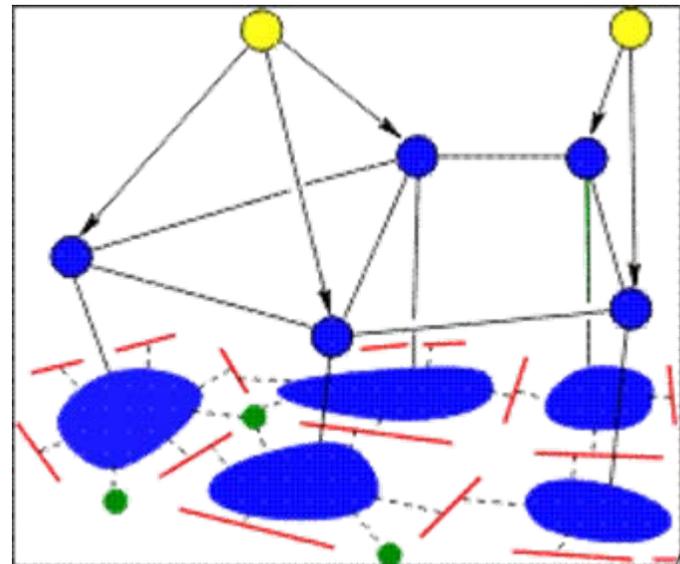
1. Selektion relevanter Merkmale

Fragen:

- Suche nach einem Verfahren zur automatischen Selektion des Maßstabs für die Detektion von Gebäuden.
- Bestimmung der Relevanz von Merkmalen aus dem Skalenraum. Welche Merkmale haben den größten Einfluss auf die Detektionsrate von Gebäuden?

Aufgabenstellung (2)

1. Selektion relevanter Merkmale.
2. Konsistente Modellierung der Nachbarschaften von Merkmalen mit Markoff-Zufallsfeldern.
3. Integration von 3D-Daten (Laser) zur Erhöhung der Detektionsraten.



Gliederung

1. Projektvorstellung
2. **Objektmodell**
3. Diskussion Skalenraum und Bildsegmentierung mit Wasserscheiden
4. Beobachtung der stabilen Regionen im Skalenraum

Objektmodell

„Erfassung [...] von **Landschaftsmodellen**“

- Gebäudedetektion aus Luftbildern
- 1. Annahme: **Dachflächen sind planar.**
- 2. Annahme: **Dachflächen sind schwach strukturiert, fast homogen.**
- Keine weiteren Einschränkungen bzgl. Materialbeschaffenheit der Objekte.
- Verdeckungen durch andere Objekte oder weitere Dachaufbauten.

Fokus auf Dachgauben

Gaube: kleiner, in Querrichtung auf dem Dach sitzender, zurückgesetzter Dachaufbau mit senkrechter Fensteröffnung.

(Koepf, Binding: Bildwörterbuch der Architektur, Kröner, 2005)



Fledermausgaube
Schleppgaube

1. Hypothese

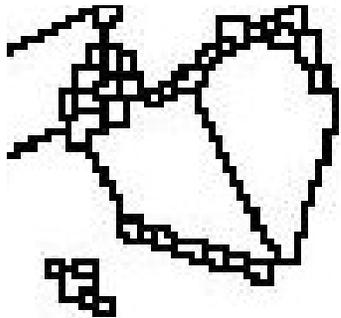
Aus der Ebenheit der Oberflächen des Objekts ergibt sich eine scharfe Abgrenzung dieser Flächen von einander.

Kleine Veränderungen der Skala führen bei großen Regionen (z.B. Dachflächen) nur zu kleinen Veränderungen bzgl.

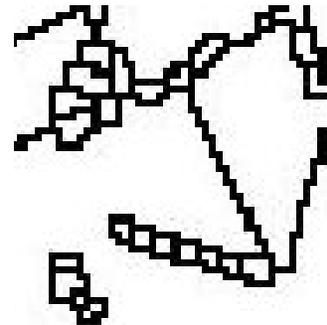
- der Lage im Bild,
- der Größe (Flächeninhalt),
- der Form (Formfaktor).

2. Hypothese

Das Verschmelzen von detektierten Bildregionen ist nicht willkürlich, sondern hängt sowohl von den Beleuchtungsverhältnissen (Kontrast) als auch vom betrachteten Objekt ab.



$$\sigma = 0.32703$$

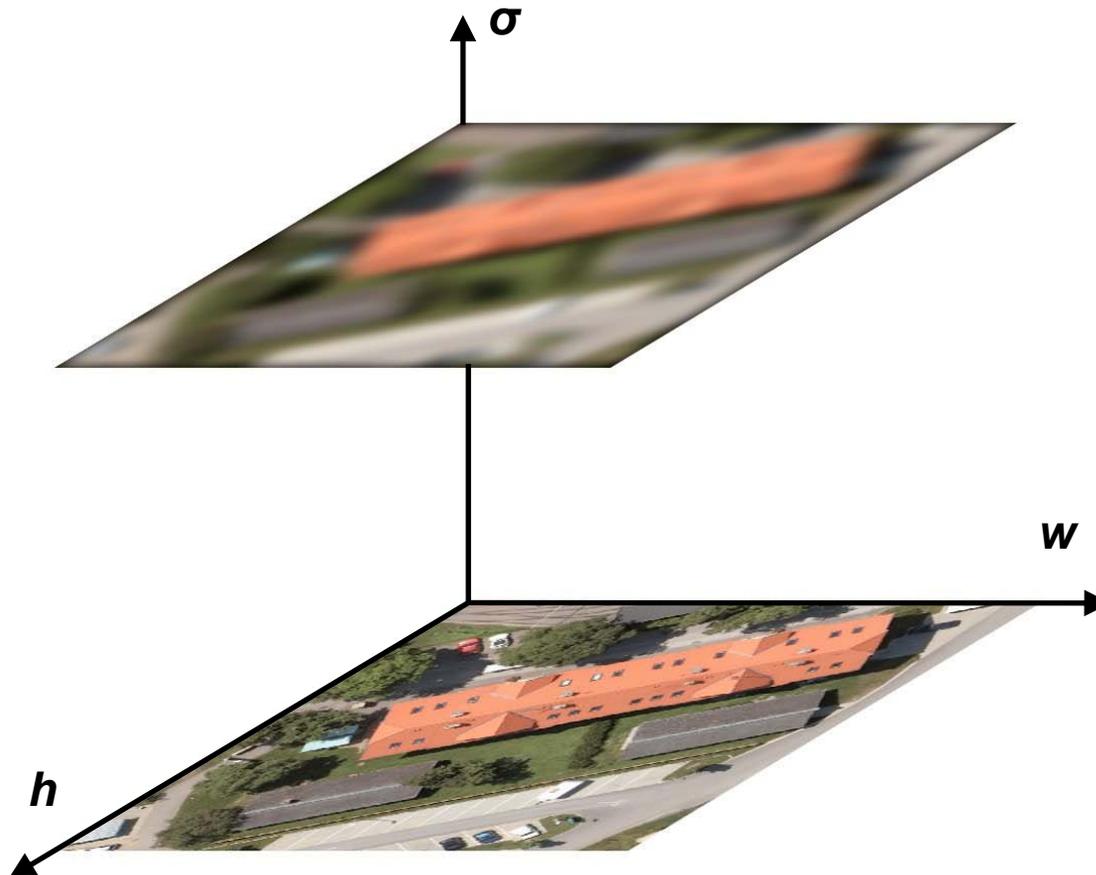


$$\sigma = 0.89425$$

Gliederung

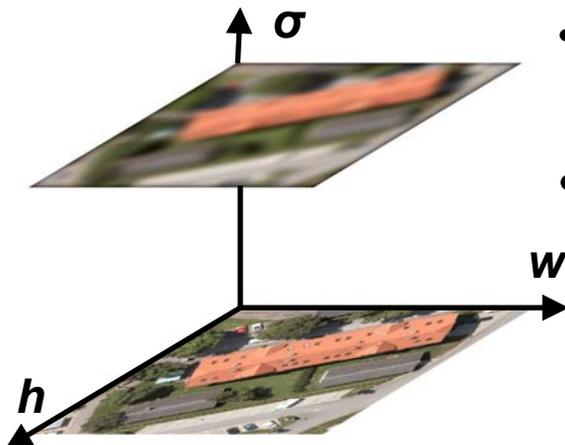
1. Projektvorstellung
2. Objektmodell
3. **Diskussion Skalenraum und
Bildsegmentierung mit Wasserscheiden**
4. Beobachtung der stabilen Regionen im
Skalenraum

Skalenraum in der Bildverarbeitung



Literatur: Skalenraum

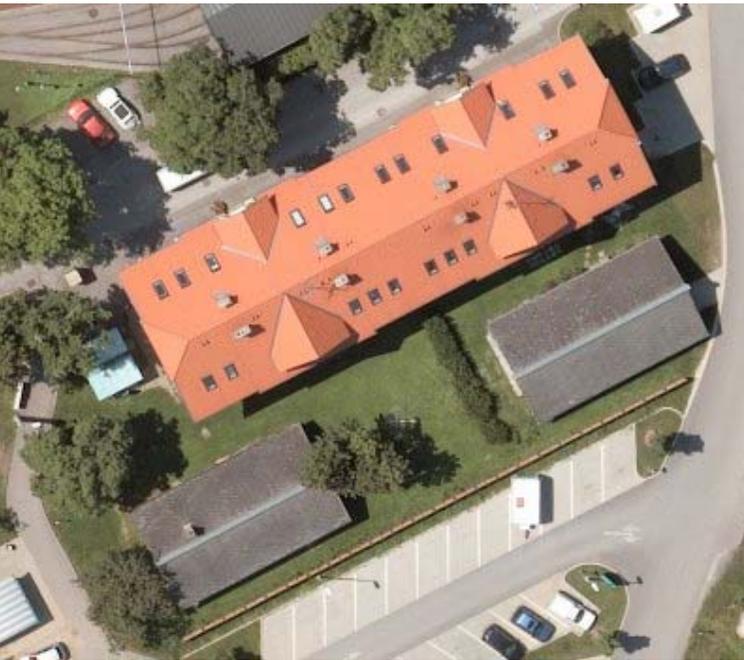
- **J. Koenderink:** The Structure of Images. *Biological Cybernetics*, Vol. 50, 1984, S. 363-370.
- **F. Bergholm:** Edge Focusing. *PAMI*, Vol. 9, 1987, S. 726-741.
- **L. Alvarez et al:** Axioms and Fundamental Equations of Image Processing. *ARMA*, Vol. 123, 1993, S. 199-257.



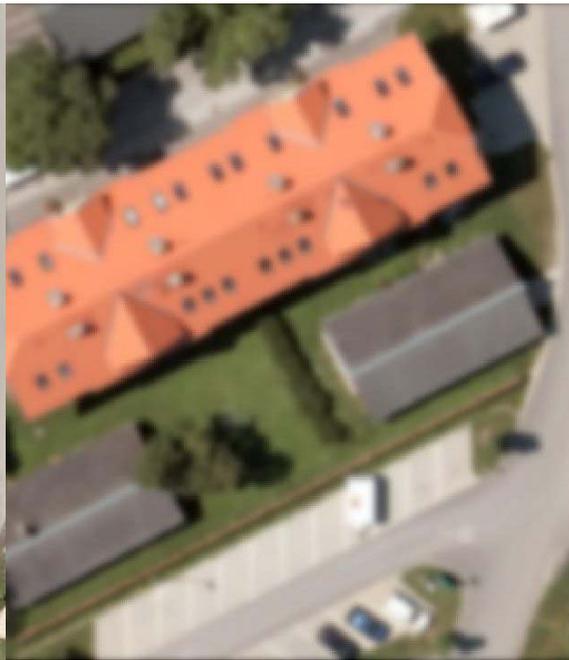
- **T. Lindeberg:** Scale Space Theory in Computer Vision, Kluwer, 1994.
- **A. Bangham et al:** Morphological scale-space preserving transforms in many dimensions. *JEI*, Vol. 5, 1996, S. 283-299.

Gauß'scher Skalenraum

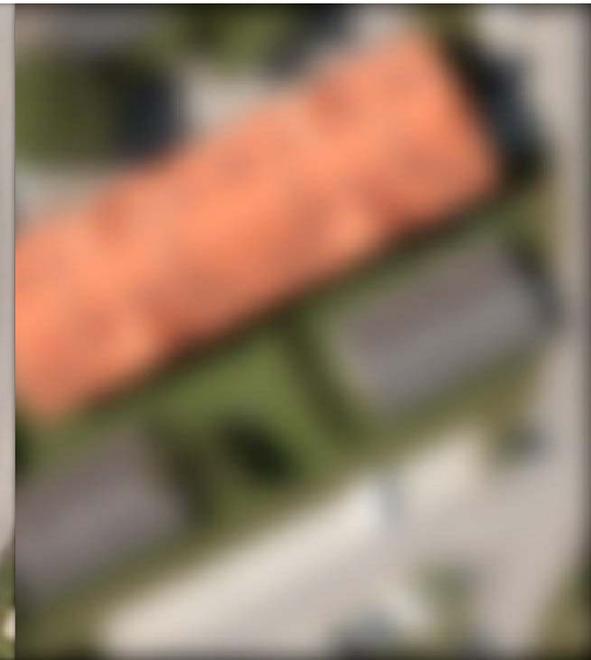
$$f(x,y,\sigma) = f(x,y) * G_{\sigma}(x,y)$$



$\sigma = 0$



$\sigma = 2$



$\sigma = 8$

Morpholog. Skalenraum

$$f(x,y,\sigma) = f(x,y) * M^\sigma(x,y)$$



$\sigma = 0$



$\sigma = 9$

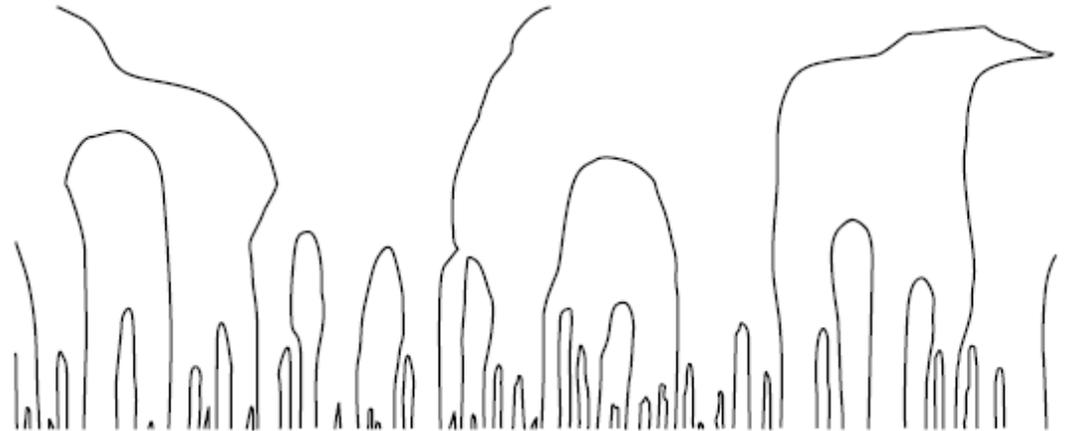
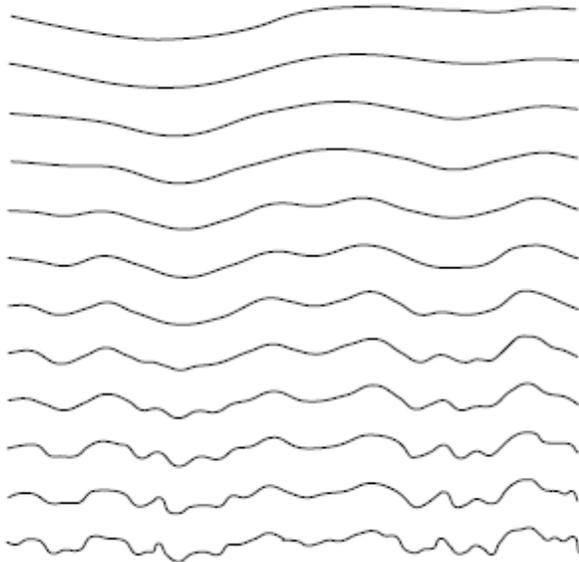


$\sigma = 100$

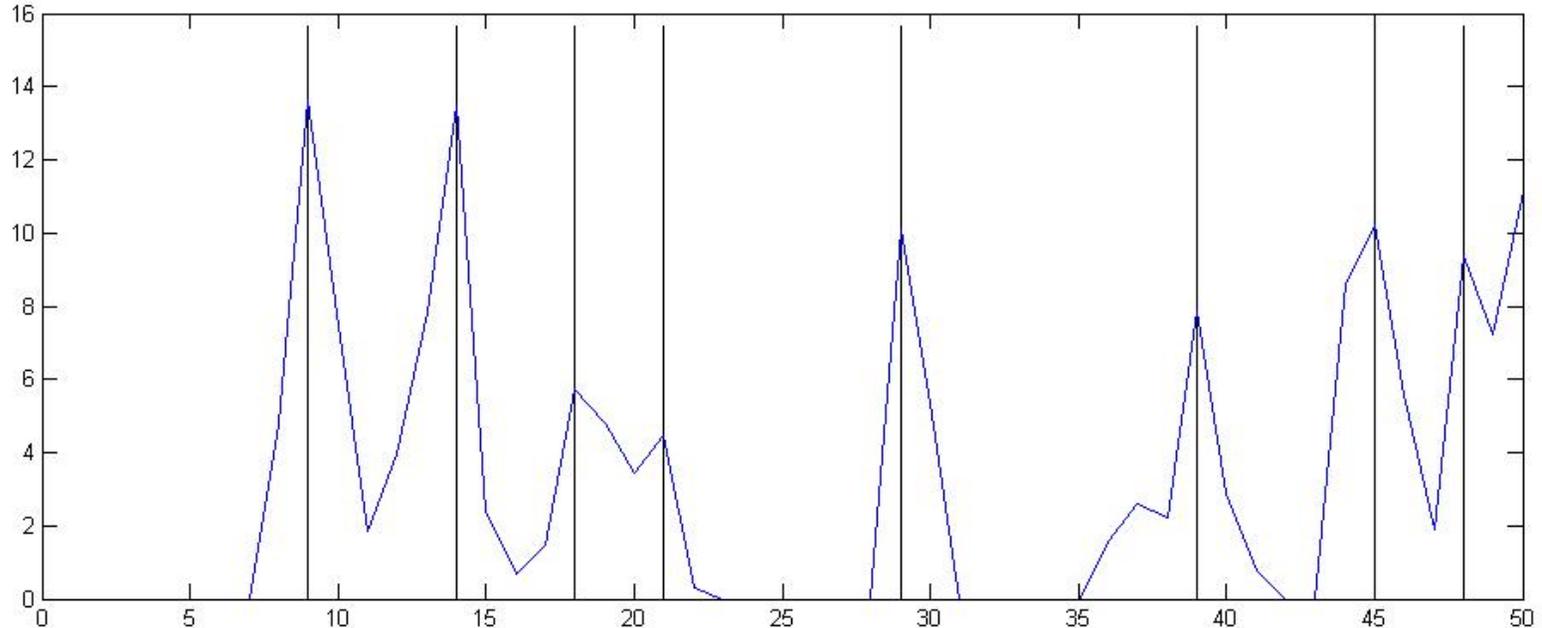
Problem der Nachbarschaftsbestimmung

- Seien σ_1 und σ_2 zwei aufeinander folgende Stufen im diskreten Skalenraum und seien $F_{\sigma_1}(x)$ und $F_{\sigma_2}(x)$ die Menge der in diesen Skalen extrahierten Bildmerkmale. Wie kann eine Nachbarschaft der Merkmale über verschiedene Skalen bestimmt werden?
- Welche Bildstrukturen im Originalbild können im Skalenraum „verfolgt“ werden?

Vorzeichenwechsel der 2. Ableitungen nach Lindeberg



Bildsegmentierung

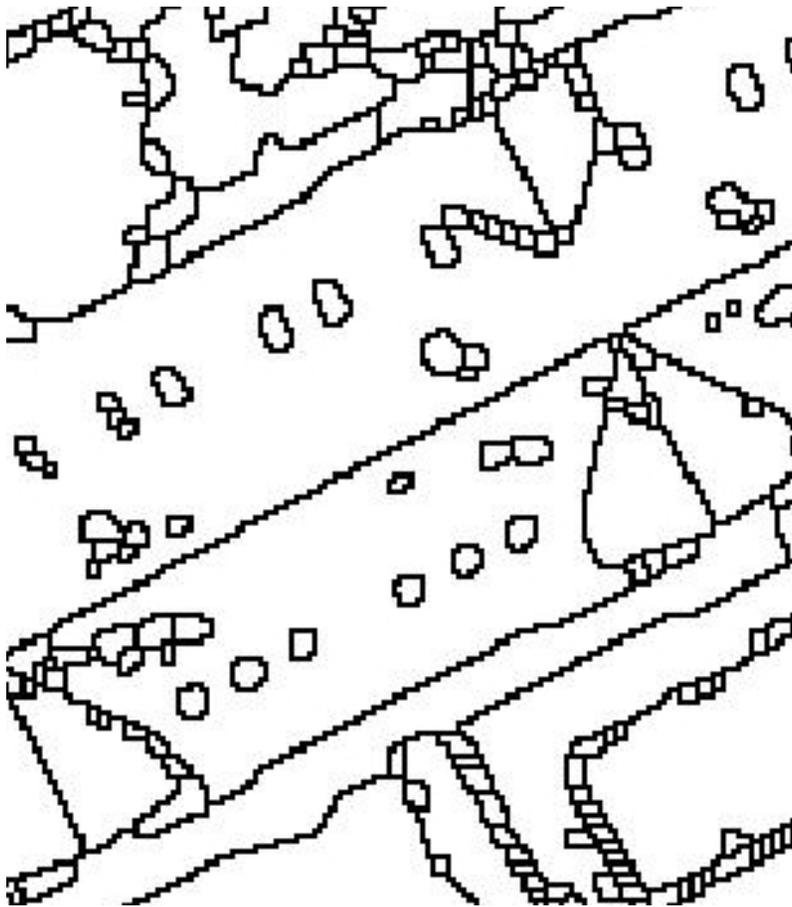


Erfassung von Regionen mittels Wasserscheiden auf dem Gradientenstärkebild

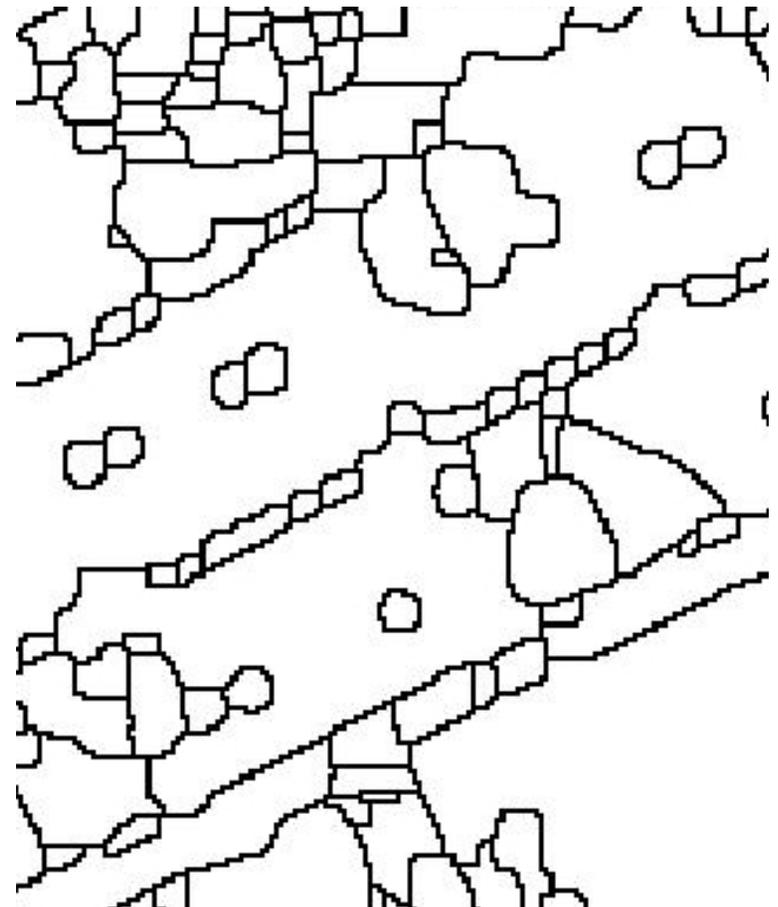
(nach **Vincent & Soille**: Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations. *PAMI*, Vol. 13, 1991, S. 583-598.)



Wasserscheiden



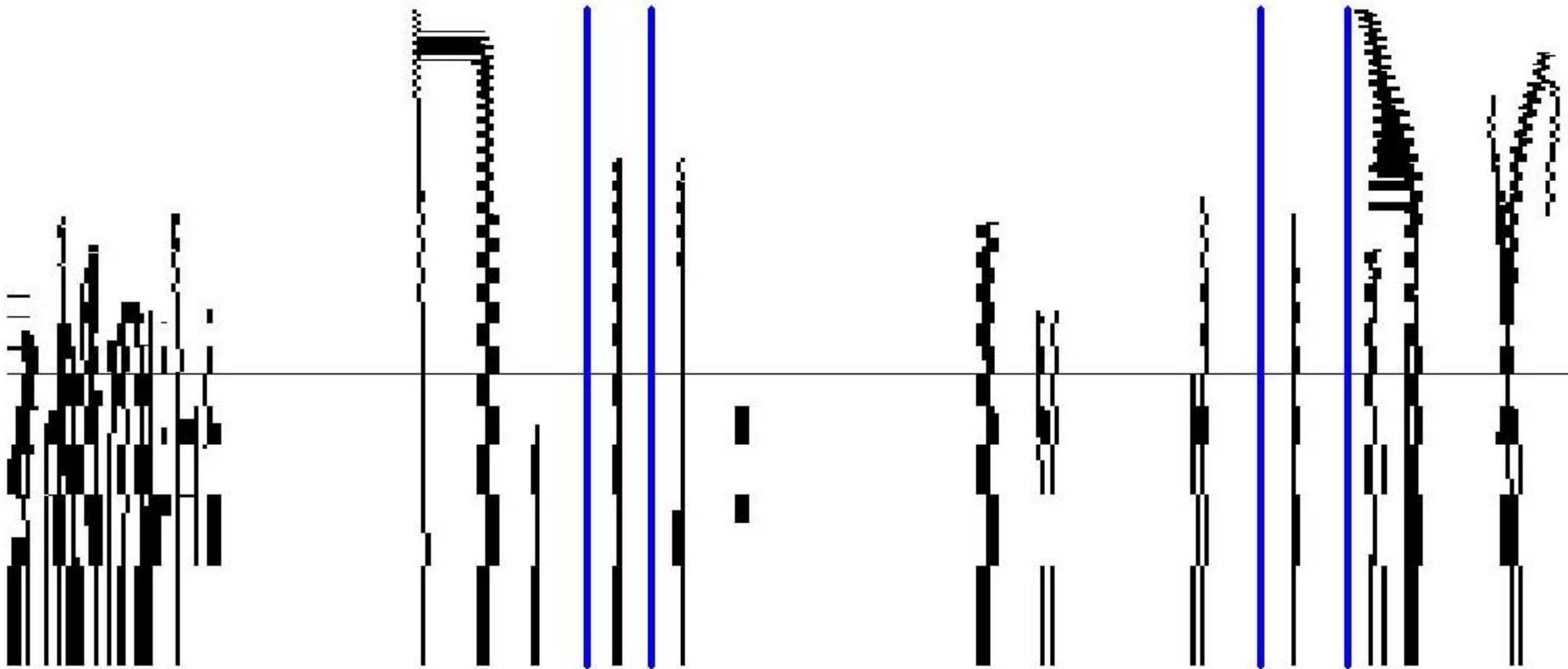
Gauß'scher Skalenraum



Morpholog. Skalenraum

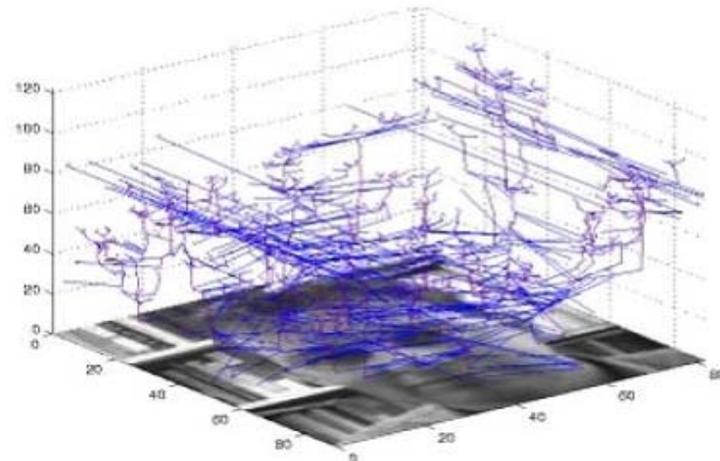


Stabilität von Regionen



Aktuelle Fragen

- Verbesserung der Implementierung des morphologischen Skalenraums bzw. Kombination beider Skalenräume.
- Automatische Verfolgung der Regionen im Skalenraum



Gliederung

1. Projektvorstellung
2. Objektmodell
3. Diskussion Skalenraum und Bildsegmentierung mit Wasserscheiden
4. **Beobachtung der stabilen Regionen im Skalenraum**

Versuchsaufbau

- Gauß'scher Skalenraum mit den diskreten Skalen $\sigma_i = 2^{i/n} \sigma_0, i = 0, \dots, N$
- Intervall: $[\sigma_0, \sigma_N]$ mit $\sigma_N = 2^{N/n} \sigma_0$
- Glättung: $f(x, y, \sigma_i) = f(x, y) * G_{\sigma_i}(x, y)$

Versuchsaufbau (2)

- Gradientenstärke mit Median-Gewichtung

$$g(x, y, \sigma_i) = \sqrt{\sum_{c=1}^3 \frac{\|\nabla f_c(x, y, \sigma_i)\|^2}{\text{var}(n_c)}}$$

mit $\text{var}(n_c) = \max(1, \text{med}_{x,y}(\|\nabla f_c(x, y, \sigma_i)\|^2))$

- Bildsegmentierung mit Wasserscheiden

$$l(x, y, \sigma_i) = \text{WS} [\max(0, g(x, y, \sigma_i) - \text{var}(n_c))]$$

Stabilität von Regionen

- **Stabilitätskriterium:** Keine große Änderung der Flächeninhalte der Regionen über mehrere Skalen.
- **Unsicherheit der Flächeninhalte** hängt von der Unsicherheit der Randpixel σ_x und dem Umfang der Region ab.

$$\sigma_A = 2\sqrt{\pi} \sqrt{kA} \sigma_x$$

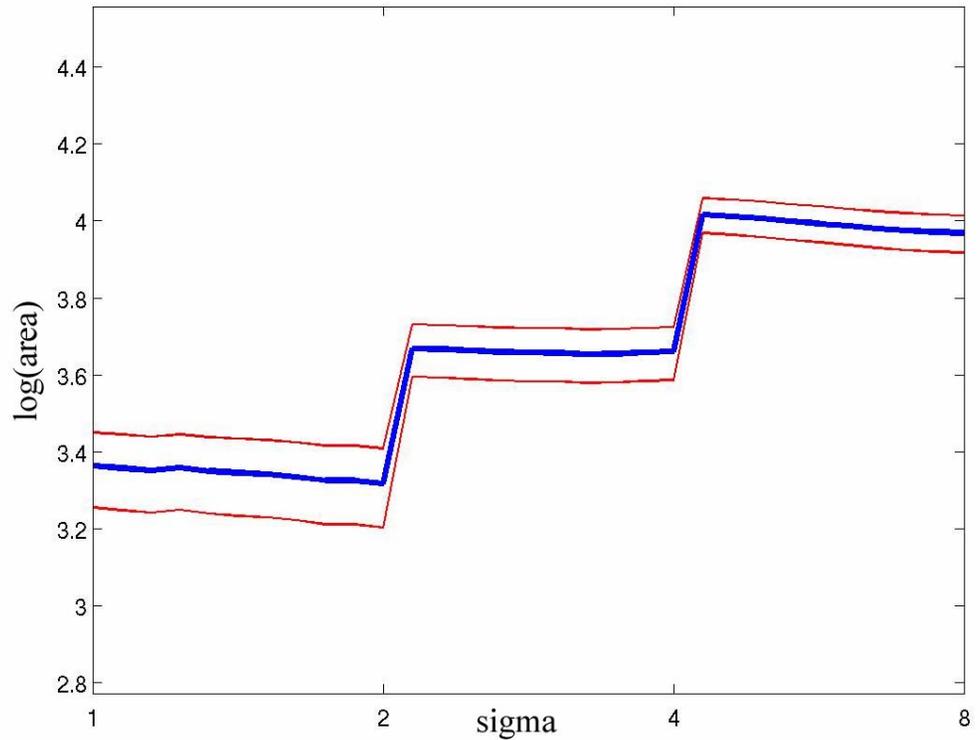
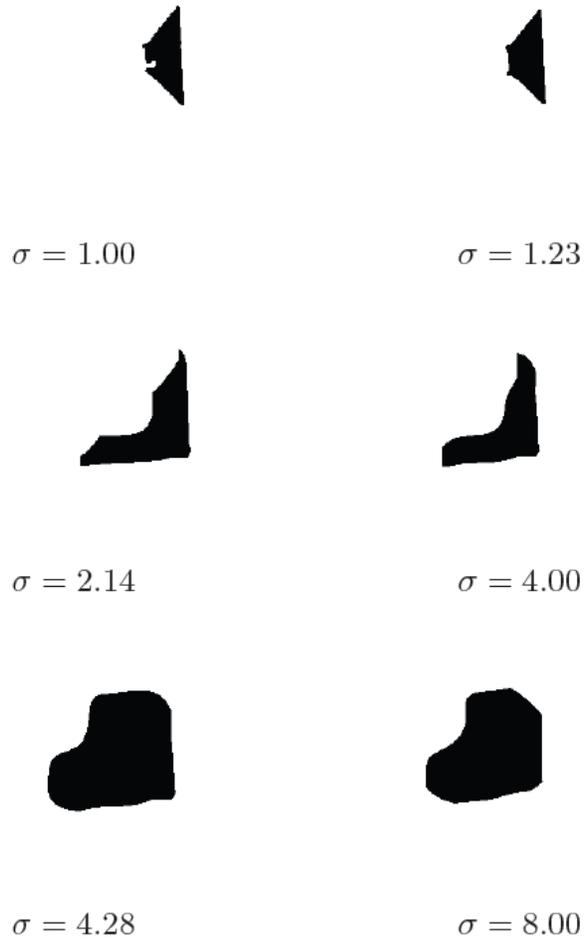
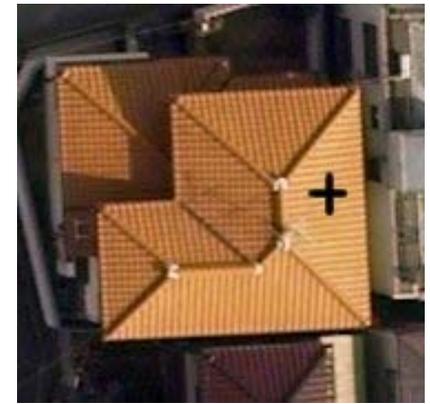
Umfang wird aus dem Flächeninhalt und dem geschätzten Formfaktor bestimmt.

Testdatensatz

- Luftbilder über Bonn, Graz und Toyonaka



Ergebnis: Toyonaka



Ergebnis: Graz



$\sigma = 1.00$



$\sigma = 2.00$



$\sigma = 4.00$



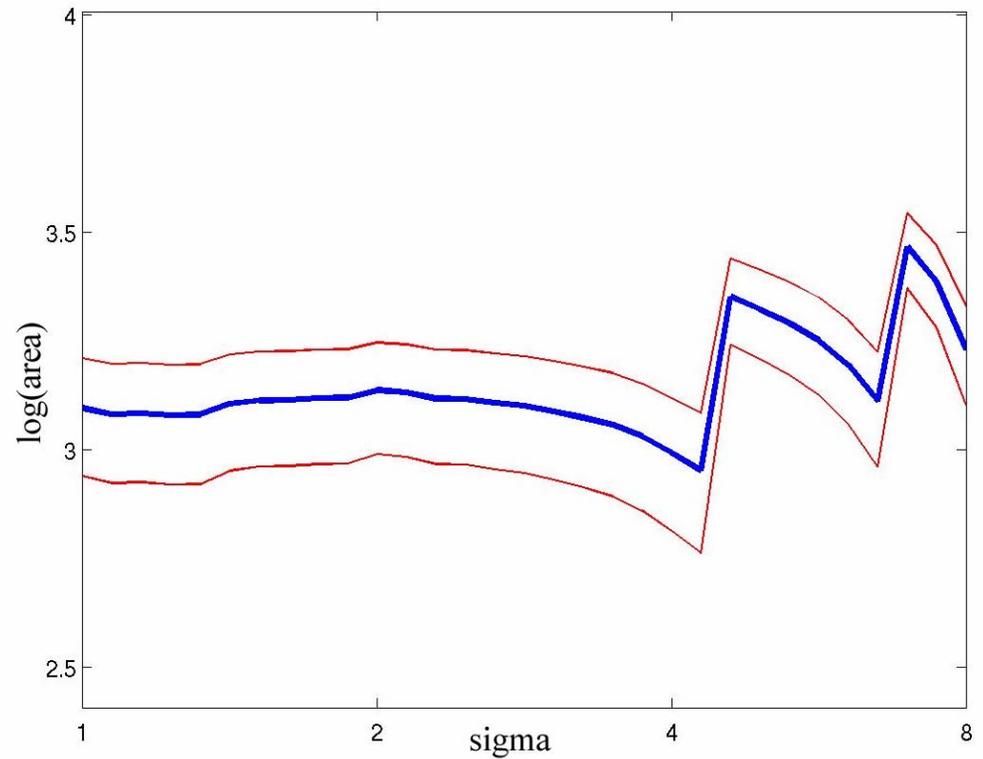
$\sigma = 4.59$



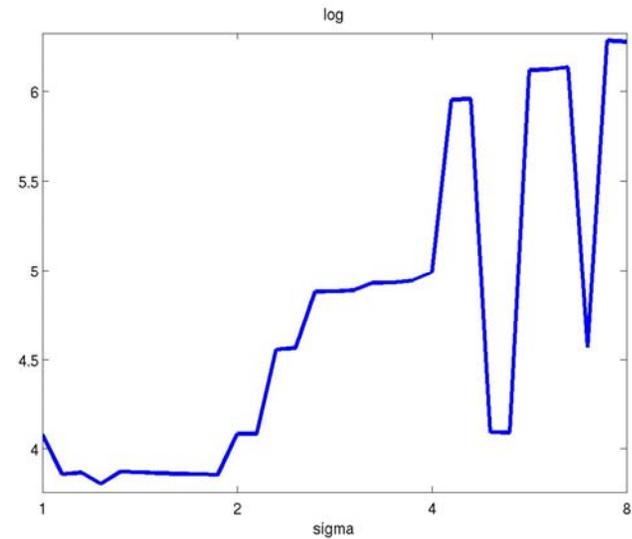
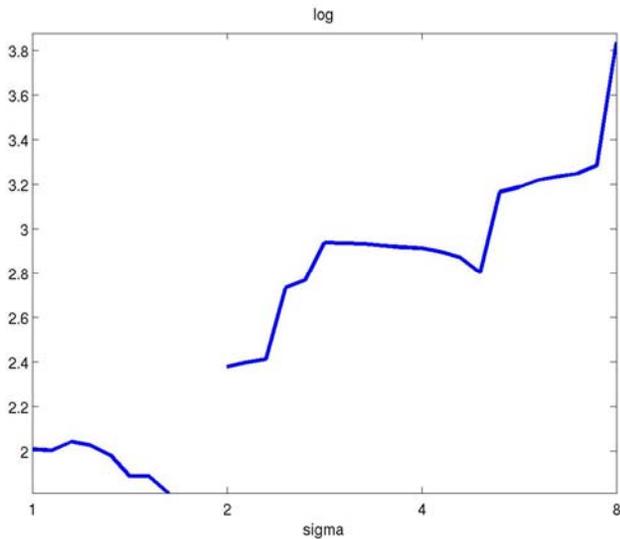
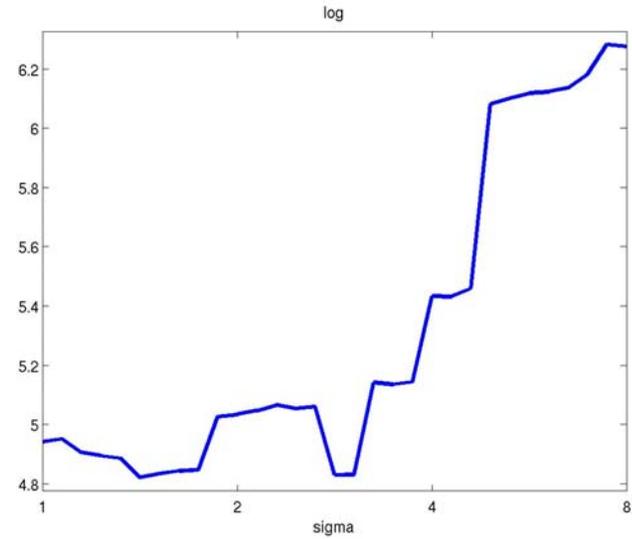
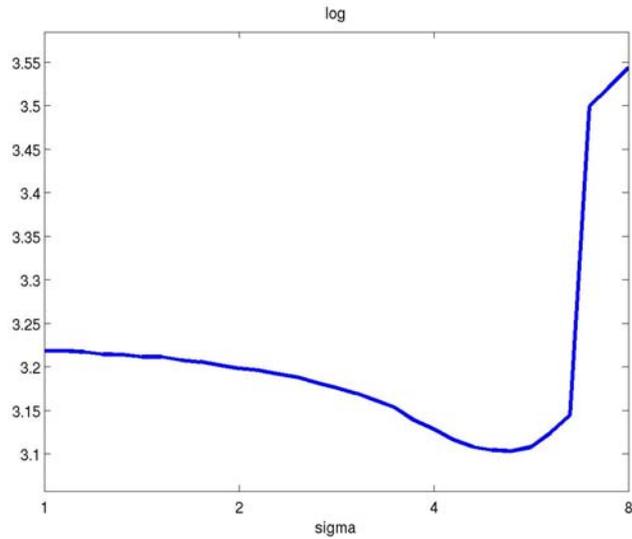
$\sigma = 6.06$



$\sigma = 6.96$

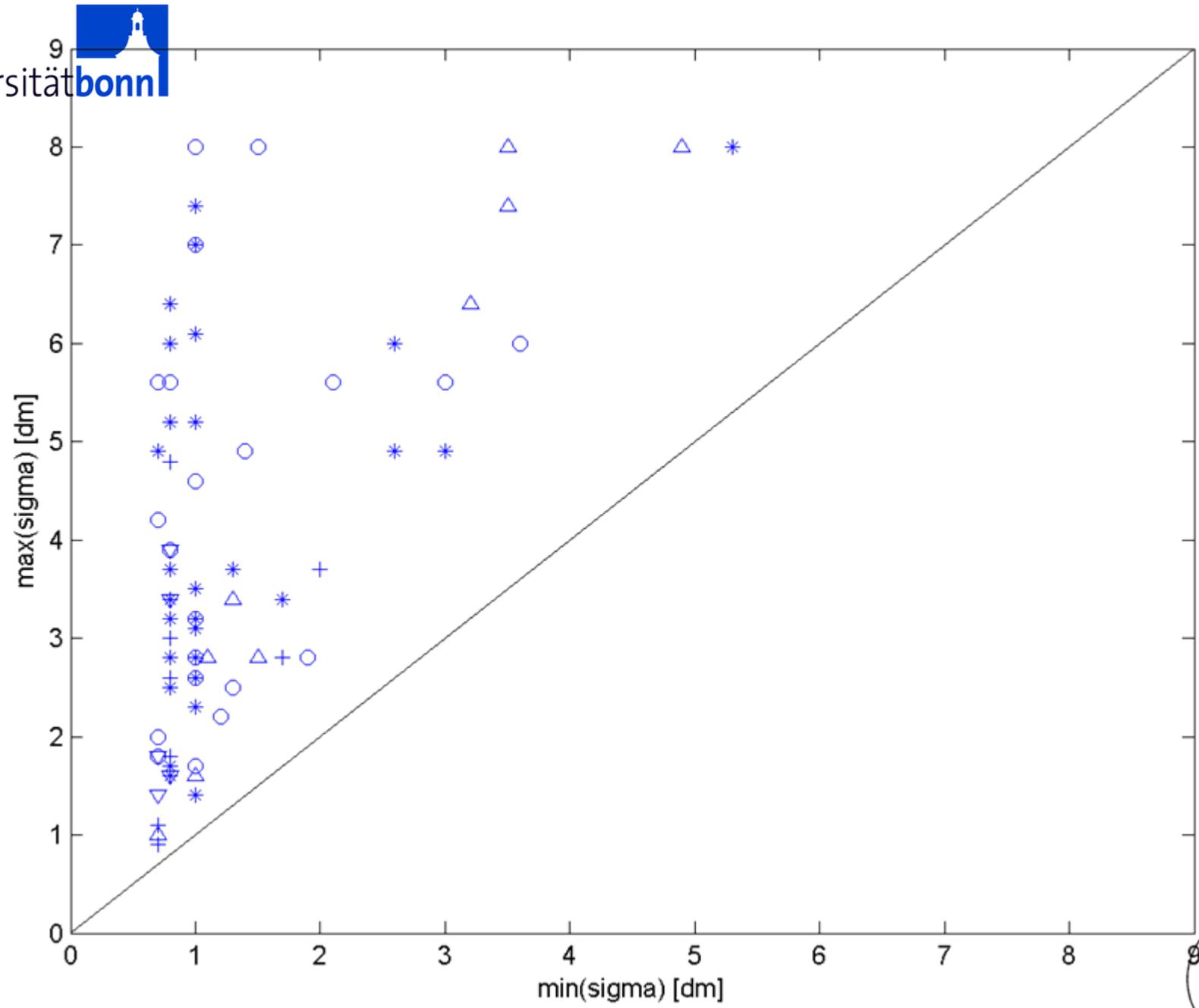


Stabilität anderer Objekte



Quantitative Ergebnisse

| Type | pos. | % | σ_{\min} [dm] | | σ_{\max} [dm] | |
|-----------|------|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|
| | | | min | max | min | max |
| triangle | 17 | 68 | 0.7 | 2.0 | 0.9 | 4.8 |
| square | 28 | 100 | 0.7 | 3.6 | 1.8 | 8.0 |
| rectangle | 35 | 74 | 0.7 | 5.3 | 1.4 | 8.0 |
| trapezoid | 6 | 16 | 0.7 | 0.8 | 1.4 | 3.9 |
| others | 14 | 87 | 0.7 | 4.9 | 1.0 | 8.0 |



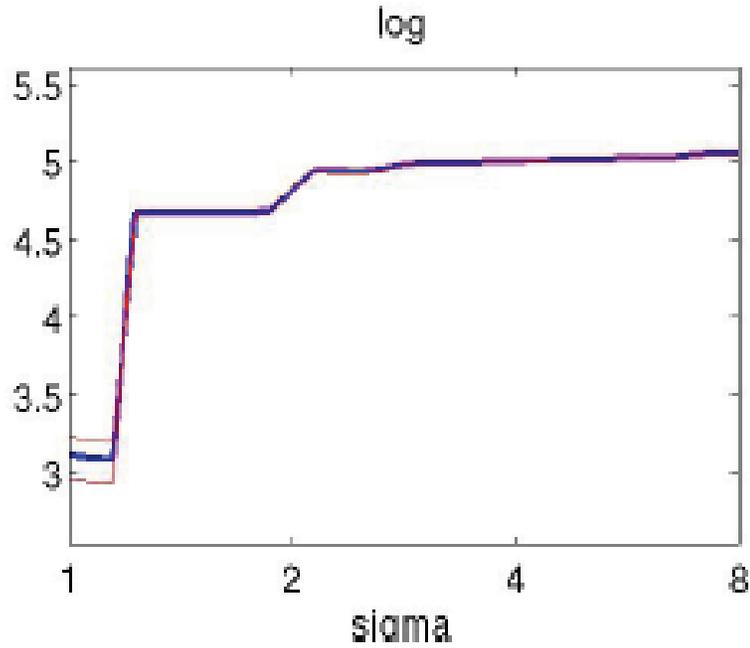
Zusammenfassung

- Stabilität einer Region kann über ihre „Lebenszeit“ im Skalenraum gemessen werden.
- Dachflächen führen deutlich öfter zu stabilen Regionen als kleinere Dachaufbauten oder die angrenzenden Umgebung.
- Über die „Lebenszeit“ einer stabilen Region kann nicht auf bestimmte Dachfläche geschlossen werden.









$\sigma = 1.00$

$\sigma = 1.23$



$\sigma = 1.87$



$\sigma = 2.00$



$\sigma = 2.14$



$\sigma = 2.63$



$\sigma = 3.03$

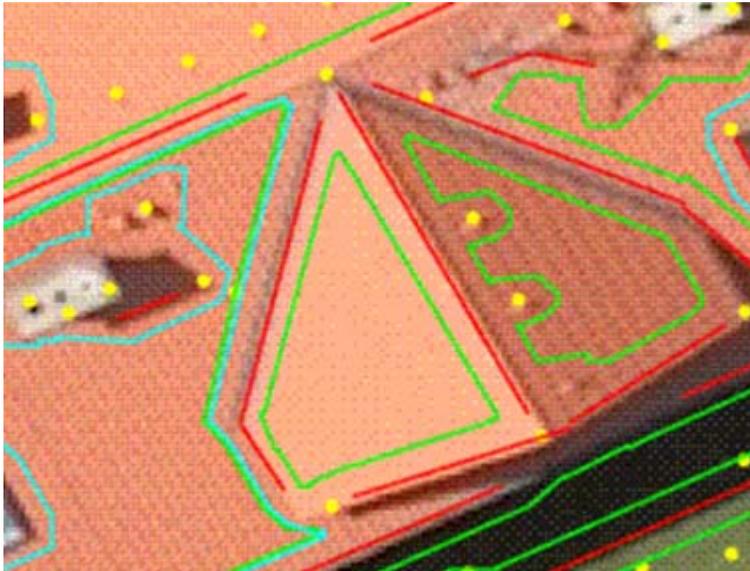


$\sigma = 6.96$



Aufgabenstellung

1. Selektion relevanter Merkmale



Merkmalsextraktion mit der
Institutssoftware FOP

Probleme bei der Analyse
der Bildstrukturen im
Skalenraum:

1. topologisch
inkonsistente Karte,
2. skaleninvariante
Merkmalsoperatoren